

17/12/

UNIVERSIDADE DO RIO DE JANEIRO

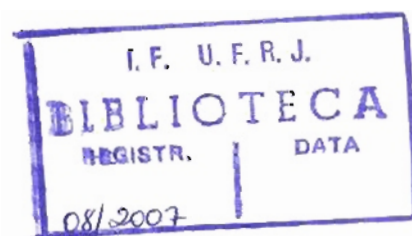
**MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DO CURSO DE
LICENCIATURA EM FÍSICA**

**O EXPERIMENTO EM SALA DE AULA COMO UMA DAS FORMAS
DE INSTRUMENTO DE APRENDIZAGEM
- DECOMPOSIÇÃO DA LUZ BRANCA -**

Aluno: Maurício Simões de Lima

Orientador: Said Salem Sugui Junior

2007



CERTEZA

De tudo, ficaram três coisas:

A certeza de que ele estava sempre começando...

A certeza de que era preciso continuar...

A certeza de que seria interrompido antes de terminar....

Fazer da interrupção um caminho novo ...

Fazer da queda um passo de dança...

Do medo, uma escada...

Do sonho, uma ponte...

Da procura, um encontro...

Fernando Sabino

Agradeço em primeiro lugar a Deus por estar tão presente em minha vida a todo o momento, guiando, orientando, ajudando, pondo pessoas boas e corretas no meu caminho para de alguma forma me dar força.

Agradeço à minha família, em especial à minha mãe Nair e ao meu padrasto Severino.

Agradecimentos

Ao Said por estar me dando uma força inestimável.

Ao professor Celso Costa do Colégio Pedro II – São Cristóvão pelo grande apoio, desde a aplicação do questionário até à montagem do experimento em sala de aula.

À pesquisadora do Inmetro Ana Paula pelo grande apoio.

Às amigas Evangelina Macedo, que conheço de longa data, e Fernanda, que entrou mais recentemente em minha vida, pelo grande apoio.

À amiga professora Cláudia Costa da UENF, que me deu boas sugestões quando estava montando o experimento.

Aos funcionários Cabral, que foi transferido para outro setor da UFRJ, e Nanci por estar sempre dispostos a resolver toda a parte burocrática que é extremamente complicada na UFRJ e também ao Rodrigo, que entrou mais recentemente, mas que nos recebe muito bem na secretaria e procura resolver os problemas de forma rápida.

Ao servidor Francisco da oficina mecânica da UFRJ que sempre me recebeu muito bem e confeccionou os acessórios de óptica.

Ao professor Artur, enquanto coordenador do curso de licenciatura em física, sempre recebeu a gente extremamente bem, procurando resolver os problemas da melhor maneira possível.

A todos os professores, que de alguma forma sempre contribuí para a nossa formação, em especial ao professor André de Didática Especial, sempre procurando tomar o estágio mais interessante, fazendo contato com instituições como o Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST). Não posso esquecer do professor Elton Brandão de Didática Geral, grande mestre e pessoa.

À professora Glória da área de Educação do MAST, que no período do estágio estava trabalhando nesta instituição. Iniciou-me nos espaços não-formais de aprendizagem.

O EXPERIMENTO EM SALA DE AULA COMO UMA DAS FORMAS DE INSTRUMENTO DE APRENDIZAGEM.....	1
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE TABELA.....	6
Resumo.....	6
1 – Introdução.....	8
1.1 – Modelagem teórica do experimento da decomposição da luz branca.....	9
1.2 – Referencial teórico - Teoria da Aprendizagem de David Ausebel.....	11
2 - Método Experimental.....	13
3 – Resultados e Discussão.....	16
3.1 – Análise dos questionários.....	16
3.2 – Análise do experimento.....	20
4 – Conclusão.....	21
ANEXO A.....	22
ANEXO B.....	23
ANEXO C.....	24
5 – Referência Bibliográfica	27
ÍNDICE REMISSIVO	30

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - Decomposição da luz branca ao atravessar um prisma.....	10
FIGURA 2 – Esquema e fotografia do espectro de uma lâmpada na região do visível gerado por uma grade de difração.....	10
FIGURA 3 – Diagrama em bloco esquemático da Teoria da Aprendizagem de Ausubel.....	13
FIGURA 4 – Fotografia mostrando o aparato experimental para a observação da decomposição da luz branca.....	14
FIGURA 5 - Fotografia mostrando o aparato experimental para a observação da decomposição da luz branca com a lâmpada ligada.....	15
FIGURA 6 - Fotografia do espectro emitido por uma lâmpada de filamento na região do visível, após passar por um prisma, em um anteparo.....	15
FIGURA 7 - Fotografia do espectro de uma lâmpada de filamento após passar por um prisma em uma parede.....	16
FIGURA 8 – Gráficos em forma de pizza descrevendo as respostas dadas pelos alunos. Coluna A – Antes da apresentação do experimento de decomposição da luz branca; Coluna B – Após a apresentação do experimento.....	18

ÍNDICE DE TABELA

TABELA 1 – Ângulos de difração medidos diretamente, comprimentos de onda determinados a partir desses ângulos e comprimentos de onda tabelados.....	20
---	----

ÍNDICE DE EQUAÇÃO

EQUAÇÃO 1 – Equação de Bragg.....	16
EQUAÇÃO 2 – Fórmula de Cauch.....	21

Resumo

Este trabalho foi iniciado no estágio realizado no Colégio Pedro Segundo – São Cristóvão, com turmas de terceiro ano do ensino médio e tem como propostas vincular o conteúdo do ensino acadêmico aos fenômenos físicos observados pelo aluno no seu dia-a-dia, a partir de experimentos que os simulam e na medida do possível, determinar as leis físicas que os descrevem.

Uma vez que na escola de ensino médio, aonde o trabalho foi desenvolvido e pode-se generalizar para outras instituições de ensino, não é observada conexão entre experimento e teoria, as fórmulas são apresentadas como verdades absolutas, não dando ao aluno a oportunidade de ter os seus primeiros contatos com o método experimental, que é mais natural para essa faixa etária do que a teorização, que pode vir depois do entendimento dos conceitos básicos ligados aos fenômenos físico.

A partir do que foi exposto acima e das recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM's), adotou-se como ponto de partida o referencial da Aprendizagem de Ausubel. Em um primeiro momento, no início do semestre, foi aplicado um questionário contendo cinco questões ligadas a fenômenos do cotidiano, da área de óptica, especificamente à decomposição da luz branca e outros fenômenos correlatos. Este questionário foi aplicado a trinta e oito (38) alunos. As respostas foram analisadas e verificou-se que os alunos tinham um conhecimento prévio do assunto, entretanto confundiam conceitos como refração e reflexão.

Em um segundo momento, no final do semestre, foi apresentado um experimento, baseado no experimento clássico de Newton, para mostrar a decomposição ou dispersão da luz branca por um prisma e os conceitos de refração e reflexão foram discutidos. Substituiu-se o prisma por uma rede de difração, sendo possível determinar os comprimentos de onda do espectro que apareciam no anteparo. Apesar da montagem experimental rústica, observou-se um acordo entre os comprimentos de onda obtidos do experimento com os tabelados. Vale à pena frisar que a equipe da disciplina de física naquele período iniciou também um trabalho para apresentar alguns conceitos partindo de experimentos simples de óptica.

O objetivo da aplicação e análise do questionário foi pesquisar os conhecimentos prévios dos alunos e buscar elementos como experimentos e questões para efetuar mudanças na estrutura cognitiva dos alunos.

Uma semana após a apresentação do experimento, vinte e um (21) alunos responderam ao mesmo questionário apresentado no início do semestre. Verificou-se que os alunos não

confundiam mais os conceitos de refração e reflexão, entretanto, foi notado nas questões seguintes, especificamente na quarta e na quinta, que abordavam questões relacionadas do porque se enxerga os objetos e distinguem-se as suas cores, verificou-se uma confusão entre os conceitos de absorção e decomposição da luz.

1 – Introdução

Com o objetivo de discutir a decomposição da luz branca, partindo de fatos já observados pelos alunos, como a formação do arco-íris, ou o efeito inverso, a constatação de que um brinquedo como o corupio se torna branco, ou quase branco, ao ser posto em rotação, um experimento baseado ao de Newton foi montado [1,2]. Uma lâmpada de filamento fez o papel do sol, uma caixa com uma fenda o da janela, anteparos de papel cartão branco o da parede, prismas de acrílico substituíram o vidro.

Muito antes de Newton, já era conhecido o fato de que a luz branca ao atravessar um prisma de vidro dava origem a um feixe colorido. Acreditava-se naquela época, que a luz branca, proveniente do sol, era uma luz pura e que o aparecimento das cores era devido a impurezas que o feixe recebia ao atravessar o vidro [1,2,3].

Trabalhando no polimento de algumas peças de vidro para estudos de Óptica, Newton conseguiu obter um prisma triangular, possibilitando a realização da famosa experiência da decomposição da luz branca, sobre a qual já tinha ouvido falar. Descreveu, então, esta experiência com as seguintes palavras:

“...tendo escurecido o meu quarto, fiz um pequeno orifício na janela, de modo a deixar penetrar uma quantidade conveniente de luz solar. Coloquei o prisma em frente ao orifício, de maneira que a luz ao se refratar, incidisse na parede oposta. Foi um agradável divertimento observar as intensas e vivas cores ali projetadas...”

Newton usou pela primeira vez a palavra “espectrum” para denominar este conjunto de cores. Como não estivesse de acordo com a idéia de que as cores são produzidas por impurezas acrescentadas à luz branca, ele realizou uma experiência que mostrou ser falsa esta teoria antiga. Deixando passar apenas uma das cores do espectro através de um segundo prisma, Newton verificou que este feixe luminoso emergia do prisma sem sofrer qualquer alteração. Concluiu então, que um prisma nada acrescenta a um feixe luminoso que passa através dele, então lançou a hipótese de não ser a luz branca uma cor pura, como se pensava até então e sim seria o resultado da superposição ou mistura de todas as cores do espectro.

A metodologia adotada para abordar a questão da aprendizagem foi a Teoria de David Ausubel [4], psicólogo norte-americano que iniciou este trabalho na década de 60, que se enquadra na categoria das teorias cognitivas. Os conceitos básicos dessa abordagem são: a cognição, a aprendizagem significativa, aprendizagem mecânica e os pontos de ancoragem.

1.1 – Modelagem teórica do experimento da decomposição da luz branca

O experimento da decomposição da luz solar realizado por Newton é considerado historicamente entre um dos dez mais importantes pela revista Physics World [5].

A luz branca é composta por diferentes cores e cada uma dessas cores interage de forma diferente com o meio. Ao atravessar a superfície de certos materiais, ela frequentemente muda sua direção. Esta mudança de direção de um feixe de luz, ao passar de um material (ou meio) para outro é chamado de refração.

Para produzir a decomposição da luz, Newton utilizou um prisma, que desvia cada cor em diferentes ângulos de emergência ao ser atravessado pelo feixe de luz branca [6,7,8]. A Figura 1 ilustra a incidência de um feixe de luz branca em um prisma que ao ser atravessado, decompõe este feixe nas cores indicadas [9].

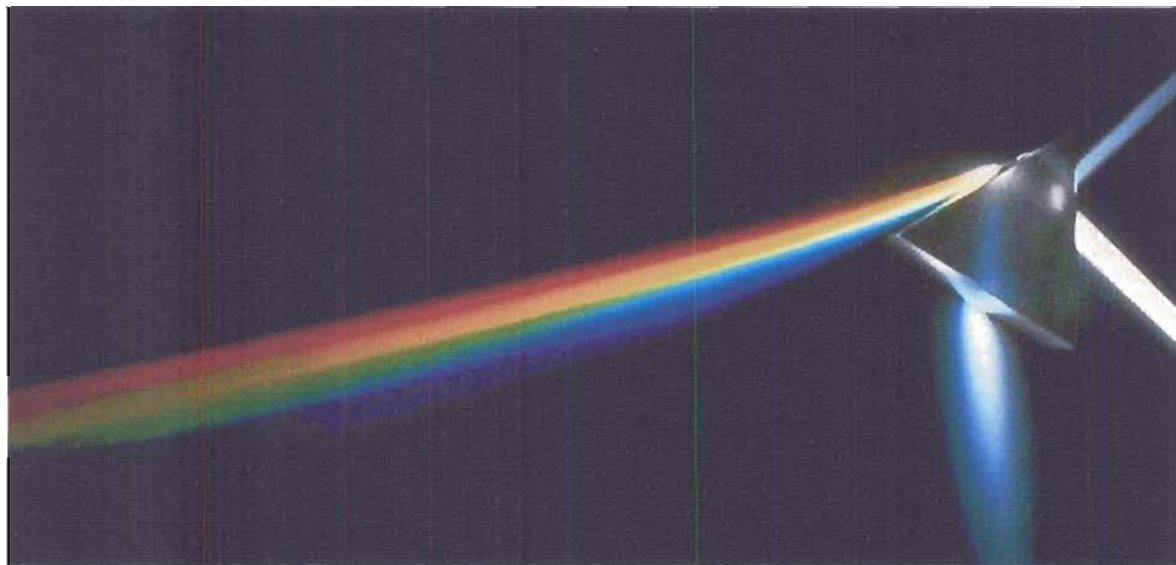


FIGURA 1 - Decomposição da luz branca ao atravessar um prisma.

A decomposição da luz branca também pode ocorrer através de uma grade de difração [10], conforme é mostrado na Figura 2, que consiste em um suporte (transparente ou refletor) com ranhuras (linhas) finíssimas. Existem grades com diferentes quantidades de ranhuras, que dependendo da aplicação e/ ou resolução desejadas, podem ter 300 gr/mm, 1000 gr/mm, 2000 gr/mm, etc. Essas ranhuras fazem com que cada cor do feixe de luz incidente se desvie em várias direções, pois tem dimensão próxima ao comprimento de onda dessa luz, ocorrendo o fenômeno de difração.

O resultado final é equivalente àquele obtido com o prisma, a decomposição de um feixe de luz policromática em seus componentes monocromáticos, porém com maior

eficiência, isto é, com melhor separação e uniformidade entre os componentes monocromáticos.

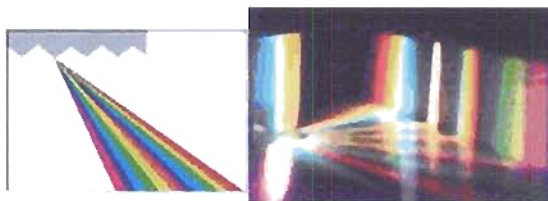


FIGURA 2 – Esquema e fotografia do espectro de uma lâmpada na região do visível gerado por uma grade de difração.

O ANEXO B mostra uma figura esquemática típica do espectro eletromagnético, destacando a região do visível.

1.2 – Referencial teórico - Teoria da Aprendizagem de David Ausebel

A orientação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 1998) do Ministério da Educação (MEC) [11] aponta a necessidade de se levarem em conta a aprendizagem significativa e o desenvolvimento psicológico do aluno.

Existe um grande número de teorias da aprendizagem, entretanto, pode-se agrupá-las em duas categorias gerais: as teorias do condicionamento e as cognitivas [4, 12, 13 e 14]. Para o primeiro grupo, a aprendizagem é a conexão entre estímulo e resposta, enquanto para o segundo, a aprendizagem é a integração do conteúdo aprendido em uma edificação mental ordenada, a Estrutura Cognitiva.

A Estrutura Cognitiva representa todo um conteúdo de informação armazenado por um indivíduo. O conteúdo prévio do indivíduo influencia o processo de aprendizagem, resultando no "Ponto de Ancoragem" onde as novas informações irão encontrar um modo de se integrar àquilo que o indivíduo já conhece.

Apesar da estrutura prévia orientar o modo de assimilação de novos dados, estes também influenciam o conteúdo atributivo do conhecimento já armazenado, resultando em uma interação evolutiva entre "novos" e "velhos" dados. Esse processo de associação de informações interrelacionadas denomina-se Aprendizagem Significativa.

Em contrapartida, Ausubel também coloca a ocorrência da Aprendizagem Mecânica, que é aquela que encontra pouca ou nenhuma informação prévia na Estrutura Cognitiva a qual possa se relacionar, sendo então armazenada de maneira arbitrária. Em geral envolve conceitos novos ou de pouco conhecimento para o aluno, mas no momento em que é mecanicamente assimilada, passa a integrar ou criar novas Estruturas Cognitivas.

Dessa forma a Aprendizagem Significativa é preferível a Aprendizagem Mecânica, ou Arbitrária. Muitas vezes um indivíduo pode aprender algo mecanicamente e só mais tarde percebe que este se relaciona com algum conhecimento anterior já dominado. No caso ocorreu então um esforço e tempo demasiado para assimilar conceitos que seriam mais facilmente compreendidos se encontrassem uma "âncora", ou um conceito *subsunçor*, existente na Estrutura Cognitiva.

O *subsunçor* é uma estrutura específica na qual uma nova informação pode se integrar ao cérebro humano, que é altamente organizado e detentor de uma hierarquia conceitual que armazena experiências prévias do aluno.

Uma grande questão levantada pela Teoria de Ausubel diz respeito à origem dos *subsunçores*. Se eles não estiverem presentes para viabilizar a Aprendizagem Significativa, como é possível criá-los?

Segundo Ausubel a Aprendizagem Mecânica é necessária e inevitável no caso de conceitos praticamente ou inteiramente novos para o aluno, mas posteriormente ela se transformará em Significativa. Para acelerar esse processo, Ausubel propõe os Organizadores Prévios, âncoras criadas a fim de manipular a Estrutura Cognitiva, interligando conceitos aparentemente não relacionados através da abstração.

Para que ocorra uma Aprendizagem Significativa segundo Ausubel, é necessário que:

- O material a ser assimilado seja Potencialmente Significativo, isto é, não arbitrário.
- Ocorra um conteúdo mínimo na Estrutura Cognitiva do indivíduo, com *subsunçores* em suficiência para suprir as necessidades relacionais.
- O aluno apresente uma disposição para o relacionamento do conteúdo aprendido e não para simplesmente memorizá-lo mecanicamente muitas vezes até simulando uma associação. Este é um fato muito comum em estudantes acostumados a métodos de ensino, exercícios e avaliação repetitivos e rigidamente padronizados.

Segundo Ausubel:

"...o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; determine isso e ensine-o de acordo." (Ausubel)

Essa frase resume o ponto de vista Ausubel, aonde é proposto que a Estrutura Cognitiva pode ser estimulada através de métodos de integração e unificação de conceitos. Na organização e

estruturação, use a formação sequencial de *subsunçores*. De forma que o papel pedagógico envolve pelo menos quatro partes:

- Determinação da estrutura da matéria de ensino e seu potencial significativo - Organização Seqüencial.
- Identificação dos *subsunçores* do processo sequencial de ensino que devem possuir correlatos nas Estruturas Cognitivas do aluno.
- Identificação do Potencial Significante do aluno, isto é, a suas Estruturas Cognitivas já consolidadas.
- Aplicação de um método de ensino que priorize a associação dos conceitos da matéria com os *subsunçores* do aluno, de forma a criar uma Aprendizagem Significativa e possibilitar uma gama de opções de associação de conceitos de modo a levar a uma consolidação do aprendizado.

A Figura 3 mostra um diagrama em bloco dos pontos principais da Teoria da Aprendizagem de Ausubel.

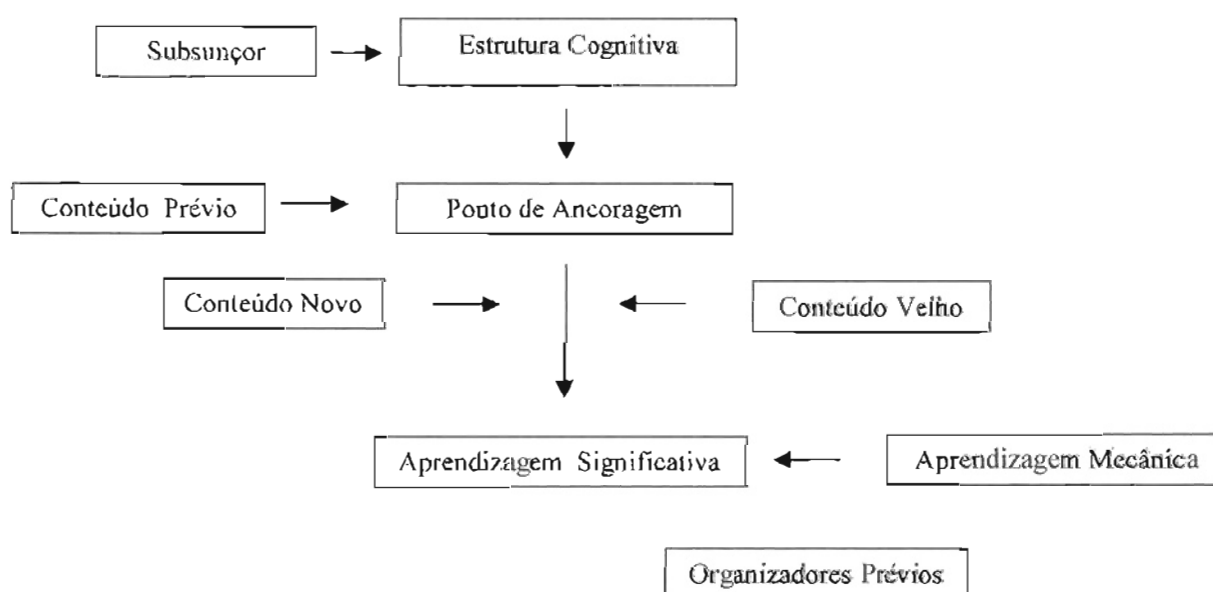


FIGURA 3 – Diagrama em bloco esquemático da Teoria da Aprendizagem de Ausubel.

2 - Método Experimental

Com objetivo de verificar o conhecimento prévio trazido pelo aluno, foi passado um questionário referente a fenômenos ópticos relacionados ao seu dia-a-dia, ver **anexo**, com enfoque principal na decomposição da luz branca. Esse questionário foi aplicado a duas turmas do Colégio Pedro II – Unidade Campo de São Cristóvão. As respostas foram analisadas e foi feito em um segundo momento a montagem de um experimento que descrevesse a decomposição da luz branca e a partir daí discutir os principais conceitos envolvidos. Uma semana após a apresentação do experimento, o mesmo questionário foi aplicado e nova avaliação das respostas dadas pelos alunos foi realizada.

A luz branca proveniente de uma lâmpada de filamento passa por uma fenda, incide em um prisma, uma parte do feixe é refletida (não é mostrado) e a outra refratada, ocorrendo a decomposição da luz branca. O feixe refratado incide na superfície interna do prisma e sofre outra refração (e também reflexão), gerando uma amplificação no fenômeno de decomposição da luz branca. O espectro de cores (vermelho, verde, laranja e violeta) é projetado em um anteparo onde é feita uma segunda fenda em uma das cores do espectro, sendo esta posta para passar e em segundo prisma, mostrando que não ocorre mais a decomposição desta luz.

As Figuras de 4 a 7 mostram as fotografias do sistema experimental utilizado para o experimento da dispersão da luz branca.

A Figura 4 mostra os acessórios principais utilizados no experimento da decomposição da luz branca. Uma lâmpada de filamento, dois prismas de acrílico, um bloco com um transferidor colado e a caixa preta com uma fenda, aonde é colocada a lâmpada e alinhada com relação à fenda.

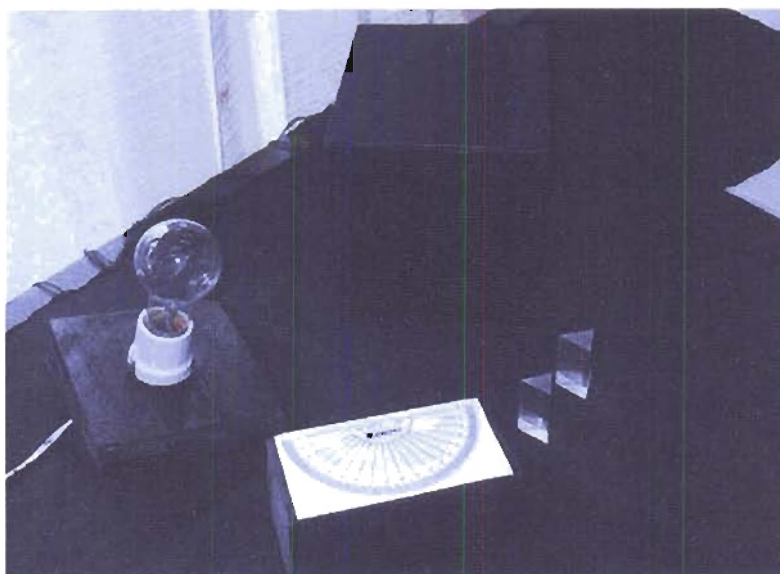


FIGURA 4 – Fotografia mostrando o aparato experimental para a observação da decomposição da luz branca.

A Figura 5 mostra a fotografia do sistema montado e a lâmpada ligada. Nesta fotografia o prisma não está bem alinhado, no entanto observa-se que a imagem do anteparo formada na mesa pelo vidro apresenta decomposição, provavelmente o vidro da mesa deve estar refratando o feixe refletido pelo anteparo.



FIGURA 5 - Fotografia mostrando o aparato experimental para a observação da decomposição da luz branca com a lâmpada ligada.

A Figura 6 mostra a fotografia do espectro emitido pela lâmpada, na região do visível, no anteparo após passar pelo prisma. Observam-se basicamente quatro cores: vermelho, amarelo, verde e azul.



FIGURA 6 - Fotografia do espectro emitido por uma lâmpada de filamento na região do visível, após passar por um prisma, em um anteparo.

A Figura 6 mostra a fotografia ampliada de uma parte do espectro da lâmpada em uma parede, observa-se uma melhor definição das cores: vermelho, laranja, amarelo, verde e azul.

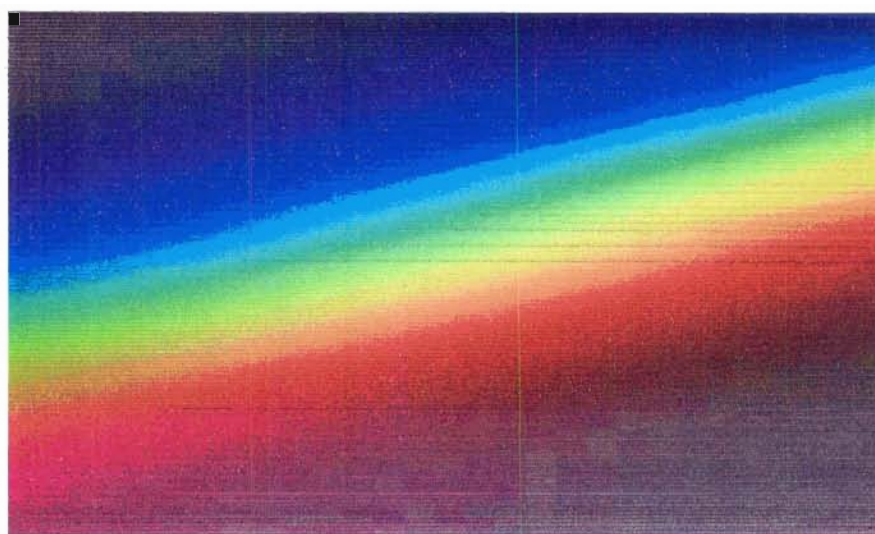


FIGURA 7 - Fotografia do espectro de uma lâmpada de filamento após passar por um prisma em uma parede.

Após este experimento, o prisma foi substituído por uma grade de difração de 300 linhas/mm, dando uma separação entre as linhas de $d = 1/300 \Rightarrow d = 3,3 \times 10^{-6}\text{m}$. Foram observadas as três primeiras ordens de difração, sendo que a primeira era muito mais intensa. Esta foi usada para determinar os ângulos de difração, pois foi fixado um transferidor no suporte da rede de difração, aonde as medidas foram realizadas utilizando um barbante. A partir desses ângulos e do espaçamento “d” foram determinados os comprimentos de onda para as cores observadas, utilizando a relação abaixo [3]:

$$n\lambda = d \cdot \sin\theta \quad (1)$$

Onde: n - é a ordem da difração

λ - é o comprimento de onda de cada cor observada

d - é distância entre as fendas

θ - é o ângulo de difração

3 – Resultados e Discussão

3.1 – Análise dos questionários

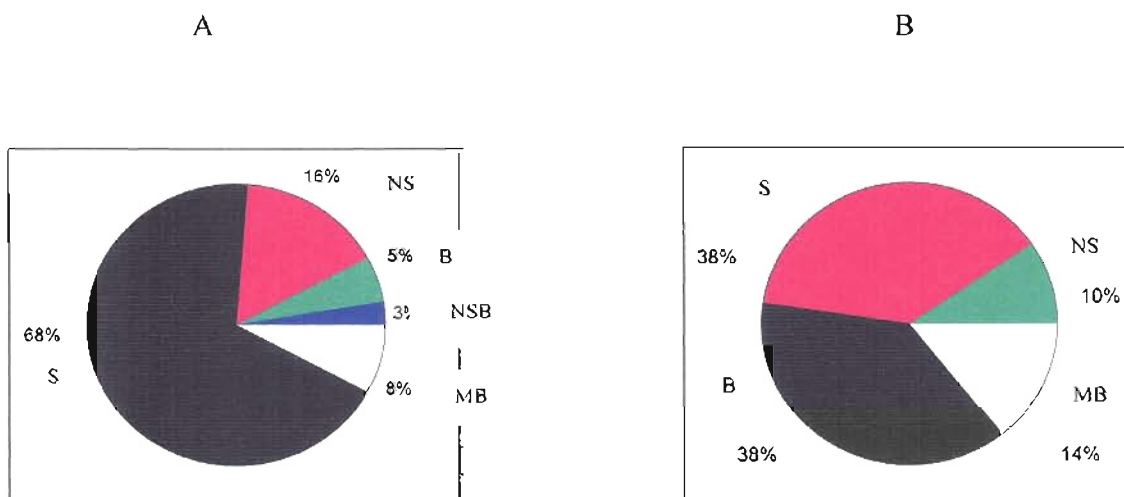
O Anexo apresenta as questões cotidianas propostas aos alunos. A análise dessas respostas, quanto à forma com que foram respondidas, antes e depois de apresentar o experimento de decomposição da luz branca, é apresentada na Figura 7, nos gráficos em forma de pizza. Deve ser enfatizado que o número de alunos que responderam ao questionário antes do experimento foi 38 e depois 21. Apesar dessa diferença, em termos numéricos, será feita uma comparação, pois não deve haver grandes flutuações.

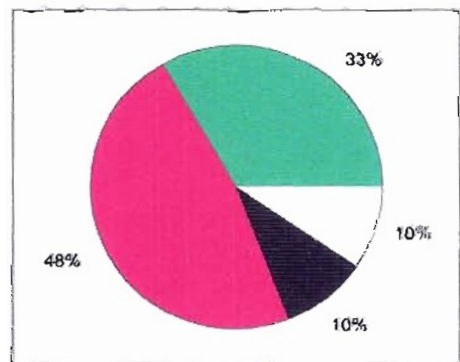
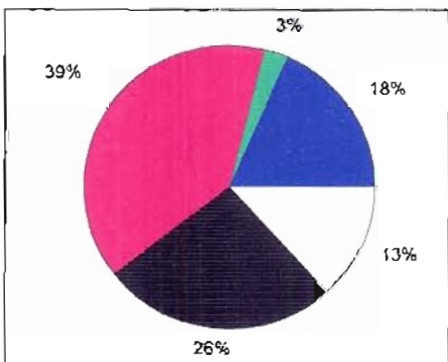
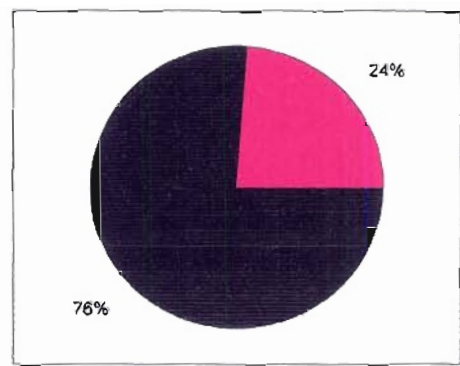
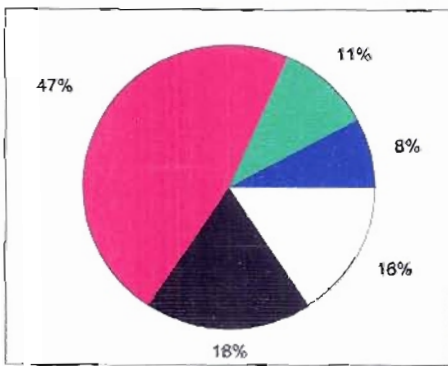
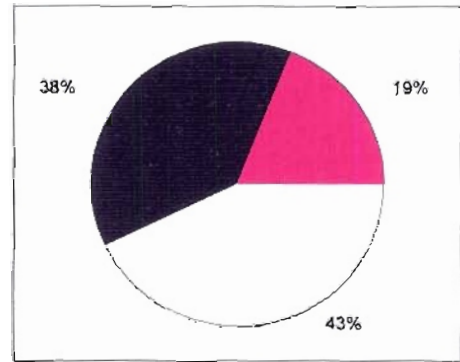
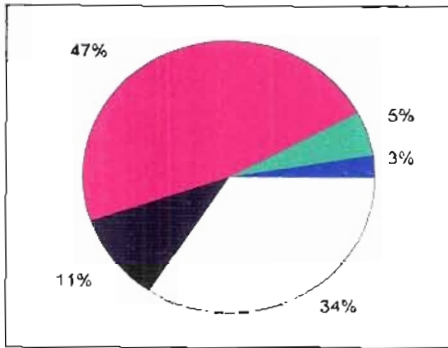
Nesta figura, a coluna **A** representa as respostas dadas antes da aplicação do experimento de decomposição da luz branca e a coluna **B** após a apresentação desse experimento. A convenção utilizada para classificar as respostas foi a seguinte:

MB – resposta muito boa; B – resposta boa;

S – resposta satisfatória; NS – resposta não-satisfatória;

NSB – resposta dizendo que não sabe.





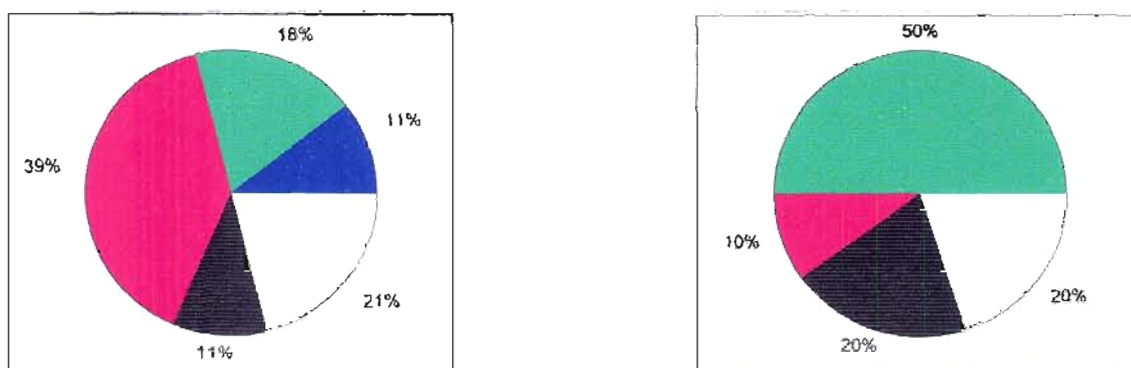


FIGURA 8 – Gráficos em forma de pizza descrevendo as respostas dadas pelos alunos.
Coluna A – Antes da apresentação do experimento de decomposição da luz branca;
Coluna B – Após a apresentação do experimento.

Esses gráficos são para ser lidos, começando da fatia de cor branca que corresponde à resposta muito boa, no sentido horário. Comparando-se as colunas A e B, verifica-se que antes da aplicação do experimento ocorreram respostas em branco e dizendo que não sabiam, não há ocorrência de respostas boas, dentro dos critérios usados para analisar tais respostas, ou eram muito boas, ou satisfatórias e não-satisfatórias. Resposta típica que se observou nesse primeiro momento dada a questão 1 foi:

“A luz bate na gota de água e é refletida, observando-se o arco-íris”.

Com a aplicação do experimento, verifica-se que não há respostas em branco, nem dizendo que não sabe responder, além do mais, aparecem respostas boas em que o aluno descreve bem o fenômeno. Resposta típica dada a questão 1 foi:

“A luz do sol passa pelas gotículas de chuva, sofrendo refração, sendo observado o arco-íris”.

Então, antes do experimento, os alunos confundiam o fenômeno de reflexão com o de refração, atribuindo ao primeiro o aparecimento do arco-íris. Após o experimento, onde foi possível identificar e diferenciar a reflexão da refração, essas dúvidas foram atenuadas.

Com relação às questões 2 e 3, que estão relacionadas à 1, inclusive as respostas dadas mostram esse entendimento, verifica-se que houve uma melhora significativa no entendimento dos fenômenos abordados.

Por outro lado, as questões 4 e 5, que já dependiam de um entendimento melhor do fenômeno de reflexão, onde pode ser observado quase 50% de respostas não-satisfatórias, mostraram uma tendência em confundir os conceitos de absorção e de dispersão como pode ser apreciado em uma resposta típica dada pelo aluno:

“A luz bate no objeto, sendo uma parte dispersada por ele e a outra refletida, possibilitando se observar os objetos com suas cores”.

Esta confusão provavelmente ocorreu devido à apresentação do experimento, pois acharam que a partir dele podiam descrever os fenômenos abordados nessas duas últimas questões. É um resultado natural, o aluno tenta responder com o que ele tem de informação sobre o assunto.

3.2 – Análise do experimento

Em um primeiro momento foi feita uma observação qualitativa do fenômeno de dispersão da luz branca. Os feixes refletido e refratado foram vistos e diferenciados. Foram discutidos os fenômenos de reflexão e refração. O espectro observado, devido ao feixe refratado, no primeiro anteparo era composto das cores roxo, verde, laranja e vermelho. Foi levantada a hipótese antiga [1] do prisma ser composto de impurezas, levando ao aparecimento do espectro de cores. Então, fez-se uma das cores passar por uma fenda e em um segundo prisma, observando-se que não ocorria a decomposição dessa luz, chegou-se a conclusão de que a luz branca é composta de outras cores, ou melhor, de outros comprimentos de onda.

Em um segundo momento, o primeiro prisma foi substituído por uma grade de difração de 300 linhas/mm, foram observadas quatro linhas no anteparo, com a primeira bem nítida e as demais com intensidade fraca. Foram feitas medidas dos ângulos de difração para cada cor (raia) do espectro e a partir desses ângulos foram determinados os comprimentos de onda, descrito no método experimental. A Tabela 1 mostra esses ângulos e os comprimentos de onda correspondentes, determinados pela equação (1), assim como os comprimentos de onda correspondentes tabelados [3].

TABELA 1 – Ângulos de difração medidos diretamente, comprimentos de onda determinados a partir desses ângulos e comprimentos de onda tabelados.

Cor	Ângulo (°)	λ_{medido} (nm)	$\lambda_{\text{tabelado}}$ (nm)	Erro relativo (%)
Vermelho	11,5	660	650	1,5
Amarelo	10,5	610	570	7
Verde	9,5	540	540	0
Azul	-	-	480	-
Violeta	7,0	410	450	9

*O valor de d usado para o cálculo de λ é $3,3 \times 10^{-6}\text{m}$, como mostrado no método experimental, página 16.

Apesar do método na determinação do ângulo tenha sido grosseiro, observa-se um acordo razoável entre os valores de λ_{medido} e $\lambda_{\text{tabelado}}$, como pode ser observado no erro relativo percentual, principalmente para o espectro na região do vermelho e do verde.

O passo seguinte nesse experimento poderia ser o cálculo do índice de refração do acrílico como uma função do comprimento de onda. Um ponto de partida pode ser a fórmula de Cauchy [3, 15 e 16], que relaciona o índice de refração com o comprimento de onda:

$$n(\lambda) = A + B/\lambda^2 \quad (2)$$

Nesta equação as constantes A e B estão relacionadas ao material aonde a luz se propaga.

No ANEXO C são dadas algumas definições para alguns termos utilizados neste trabalho [17].

4 – Conclusão

- Com relação ao questionário para se avaliar o conhecimento prévio trazido pelo aluno, mostrou-se um instrumento útil, onde pode ser detectado como os conceitos estão sendo assimilados pelo aluno.
- A montagem de experimentos que simulam fenômenos físicos ligados ao dia-a-dia do aluno pode ser uma ferramenta poderosa no aprendizado de conceitos de física, que somente com uma apreciação teórica é difícil de ser entendido.
- O aparato experimental para mostrar a dispersão da luz branca foi satisfatório, possibilitou aos alunos a visualizar um fenômeno que eles observam desde criança, o arco-íris, mais ainda, a compreensão de que maneira ocorre esse fenômeno. Pode visualizar a refração e a reflexão de um feixe de luz e distinguir uma da outra, entendendo que a refração é a principal responsável pela decomposição da luz branca.
- Esse experimento pode ser melhorado, possibilitando a medida do índice de refração como uma função do comprimento de onda para o material refrator.
- Essa montagem pode ser otimizada, colocando-se uma fenda de dimensão variável, por exemplo, duas hastes metálicas e se avaliar a variação deste parâmetro no fenômeno observado, inclusive a difração.
- O suporte da lâmpada pode ser posto em um trilho e a distância da lâmpada à fenda variada, para verificar o efeito deste parâmetro nos fenômenos observados.

ANEXO A

Questionário aplicado aos alunos antes e após a montagem do experimento da decomposição da luz branca

Questões do nosso cotidiano

1 – Durante ou após uma chuva, algumas vezes, observa-se no céu a formação do arco-íris. Como você explica esse fenômeno?

2 – Você está em seu quarto, durante um dia de sol, e vê o arco-íris em uma das paredes. Como você é uma pessoa curiosa observa que vem da janela de vidro do seu quarto. Como você explica esse fato?

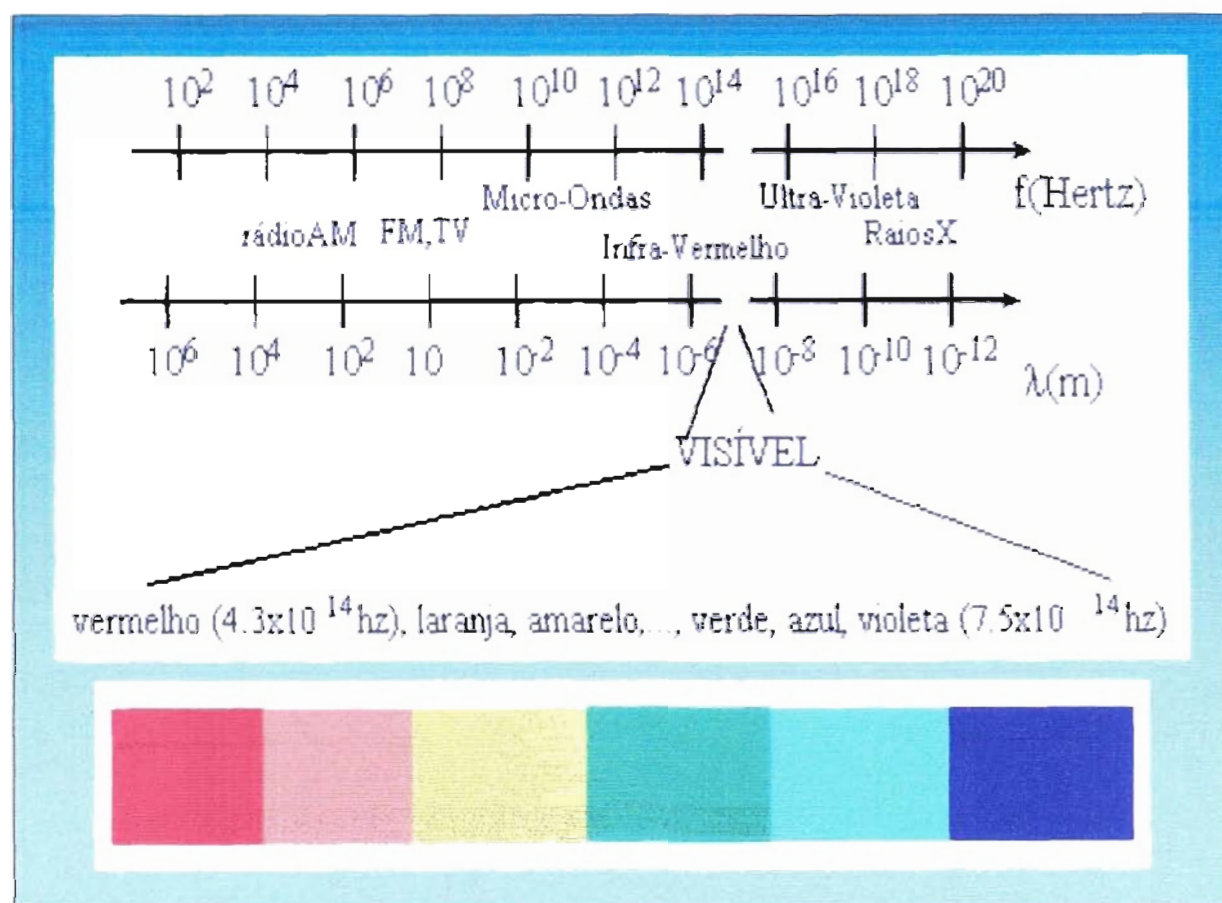
3 – Um CD fica colorido ao ser iluminado por luz branca, se você o girar, o que pode ser observado? Se este CD for de cor única?

4 – Entramos em um quarto escuro, acendemos a luz e conseguimos ver todos os objetos aí existentes, inclusive distinguimos suas cores. Como você explicaria este fato tão comum em nosso dia-a-dia?

5 – Quando se ilumina um objeto com luz branca e este se apresenta azul, ou em outra cor qualquer, o que pode ser dito a respeito deste fato cotidiano?

ANEXO B

Espectro Eletromagnético



ANEXO C

Definições

Radiação eletromagnética

Emissão ou transferência de energia sob forma de ondas eletromagnética, com os fótons associados.

Radiação óptica

Radiação eletromagnética cujos comprimentos de onda ficam compreendidos entre a região de transição para os raios X ($\lambda = 1 \text{ nm}$) e a região de transição para as ondas radioelétricas ($\lambda = 1 \text{ mm}$).

Radiação visível

Radiação óptica capaz de produzir diretamente uma sensação visual.

Nota. Não existem limites precisos para a faixa espectral da radiação visível, uma vez que esses limites dependem do fluxo energético que atinge a retina e da sensibilidade do observador. O limite inferior é tomado geralmente entre 360 nm e 400 nm, e o limite superior entre 760 nm e 830 nm.

Radiação infravermelha

Radiação óptica cujos comprimentos de onda são maiores do que aqueles da região visível.

Nota. Para a radiação infravermelha, a faixa compreendida entre 780 nm e 1 mm é geralmente dividida em:

IVA: 780 – 1400 nm/ IVB: 1400 – 3000 nm/ IVC: 3000 nm – 1 mm.

Radiação ultravioleta

Radiação óptica cujos comprimentos de onda são menores do que aqueles da região visível.

Nota. Para a radiação ultravioleta, a faixa compreendida entre 100 nm e 400 nm é geralmente dividida em:

UVA: 315 – 400 nm/ UVB: 280 – 315 nm/ UVC: 100 nm – 280 nm.

Luz

Ver radiação visível.

Nota. O termo luz é às vezes utilizado para designar uma radiação que se estende para fora da faixa visível, mas esse uso não é recomendado.

Radiação monocromática

Radiação caracterizada por uma única frequência, ou, na prática, radiação compreendida numa faixa de frequências muito estreita, que pode ser descrita pela especificação de uma única frequência.

Nota. O comprimento de onda no ar ou no vácuo é também utilizado para caracterizar uma radiação monocromática.

Espectro de uma radiação

Representação ou especificação dos componentes monocromáticos da radiação considerada.

Nota. Podem ser considerados espectros de linhas, espectros contínuos e espectros que exibem ambas as características ao mesmo tempo.

Linha espectral – raia espectral

Radiação monocromática emitida ou absorvida numa transição entre dois níveis de energia, ou, representação dessa radiação num espectro.

Interferência

Superposição de ondas coerentes capazes de produzir localmente diminuição ou reforço das amplitudes das vibrações de uma radiação.

Radiação coerente

Radiação monocromática cujas oscilações eletromagnéticas mantêm diferença de fase constante de um ponto a outro.

Difração

Desvio da direção de propagação de uma radiação, determinado pela natureza ondulatória desta, e que ocorre quando a radiação tangencia a borda de um obstáculo.

Comprimento de onda

Distância, medida na direção de propagação de uma onda periódica, entre dois pontos sucessivos, nos quais a fase é a mesma. Unidade: metro (m).

Reflexão

Retorno de uma radiação que incide numa superfície ou num meio, sem modificação da frequência dos componentes monocromáticos dessa radiação.

Transmissão

Passagem de uma radiação através de um meio, sem modificação da frequência dos componentes monocromáticos dessa radiação.

Refração

Mudança na direção de propagação de uma radiação, causada por variações de sua velocidade de propagação, quer através de um meio opticamente heterogêneo, quer ao atravessar a superfície de separação de dois meios diferentes.

Índice de refração

De um meio, para uma radiação monocromática com comprimento de onda λ no vácuo, é a razão da velocidade das ondas eletromagnéticas no vácuo, para a velocidade de fase das ondas monocromáticas nesse meio.

Dispersão

Modificação da velocidade de propagação das radiações monocromáticas em um meio. Em função de suas frequências.

Propriedade de um sistema óptico que causa a separação dos componentes monocromáticos, obtida, por exemplo, por meio de prismas ou telas.

5 – Referência Bibliográfica

- [1] ALVARENGA, B. e MÁXIMO, A.. *Curso de Física*, ed. Harbra,v.2, ed. 3ª, cap. 16. 1993.
- [2] BRITANNICA GREAT BOOKS, Newton – Huygens, v. 34, ed. 22ª , págs. 379-619, 1978.
- [3] ALONSO F. FINN, *Um Curso Universitário*. v.2 Campos e Ondas, Ed. Edgard Blücher LTDA, caps. 21, 22 e 23.
- [4] BOCK, A. M. B., FURTADO, O. e TEIXEIRA, M.L.T., *Psicologias – Uma Introdução ao Estudo de Psicologia*, ed. 13ª, cap. 8 - A Psicologia da Aprendizagem, págs. 114-134.
- [5] Site <http://if.ufrs.br/historia>. DOS SANTOS C.A.. Experimento de Newton: decomposição da luz com um prisma, outubro de 2002.
- [6] UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS – INSTITUTO DE FÍSICA, A Inserção de Atividades Experimentais nas Aulas de Física em Nível Médio - Reflexão, Refração e Dispersão da Luz.
- [7] SEARA DA CIÊNCIA - AS CORES DA LUZ. Como Newton explicou a separação das cores da luz do sol.
- [8] DE CASTRO. R.C., SANTOS. W.M.S., O Ensino de Óptica Contextualizado com os Fenômenos da Natureza, IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física. Jaboticatubas, MG. Brasil, 26 a 30 de outubro, 2004.
- [9] FÍSICA PINGÜIM - INTRODUÇÃO À ÓPTICA, Dispersão da Luz Branca, julho de 2007.
- [10] Site [http://hygeia.fsp.usp.br/~dmbastos/256,1,Espectrofotometria na região UV-VIS](http://hygeia.fsp.usp.br/~dmbastos/256,1,Espectrofotometria%20na%20regi%C3%A3o%20UV-VIS).
- [11] MEC, PCNs Parâmetros Curriculares Nacionais, 1998.
- [12] PROFa. RAQUEL., Teoria de Ausubel, , Departamento de Psicologia - UNB, Disciplina: Aprendizagem e Ensino, Maio de 1999.

- [13] PELIZZARI, A., KRIEGL M.L. BARON. M. P., FINCK, N.T.L. e DOROCINSKI S. I., Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel, Rev. PEC, Curitiba, v.2. n.1. p.37-42, jul. 2001-jul. 2002.
- [14] MENDES, C.S.e FINI, L.D.T., Uso do Logo em Sala de Aula. Desempenho em Geometria e Atitudes em Relação à Matemática, Universidade Estadual de Campinas.
- [15] PROF. GALLAS, M.R., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Laboratório 2 – Dispersão da Luz.
- [16] KATSUYA ONO, L., Experiência II – Medida do índice de refração de sólidos e líquidos com o Refratômetro de Abbe., USP - Instituto de Física – FGE-327 Introdução à Óptica I.
- [17] ILUMINAÇÃO, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, Terminologia, dezembro de 1991.

INDICE REMISSIVO

a formação do arco-iris.....	8, 22	lâmpada de filamento.....	8
ângulos de difração.....	16, 20	luz branca.....	7, 8, 9, 10, 13, 14, 20, 21, 23
Aprendizagem de Ausubel.....	7	não ser a luz branca uma cor pura.....	9
aprendizagem mecânica.....	9	Newton usou pela primeira vez a palavra	
aprendizagem significativa.....	9	"espectrum.....	9
Aprendizagem Significativa.....	11, 12, 13, 28	Óptica.....	9, 28, 29
cognição.....	9	Ponto de Ancoragem.....	11
cognitivas.....	11	pontos de ancoragem.....	9
comprimentos de onda.....	7, 16, 20	prisma.....	7, 8, 9, 10, 14, 16, 20, 28
conhecimento prévio.....	7, 13, 21	prismas de acrílico.....	8
corrupio.....	8	questões cotidianas.....	16
decomposição da luz branca.....	7, 8, 9, 10, 13,	rede de difração.....	7
14, 15, 16, 17, 18, 21, 22		reflexão.....	7, 14, 19, 21
Estrutura Cognitiva.....	11, 12	refração.....	7, 9, 14, 19, 21, 22, 29
experimento clássico de Newton, para		subsunção.....	11
mostrar a decomposição ou dispersão da		superfície de certos materiais.....	9
luz branca por um prisma.....	7	superposição ou mistura de todas as cores	
feixe colorido.....	8	do espectro.....	9
feixe de luz.....	9, 10, 21	Teoria de David Ausubel.....	9
fenômeno de difração.....	10	teorias cognitivas.....	9
fórmula de Cauchy.....	21	teorias da aprendizagem.....	11
grade de difração.....	10, 16, 20	teorias do condicionamento.....	11
gráficos em forma de pizza.....	16	uma das cores do espectro através de um	
impurezas que o feixe recebia ao atravessar		segundo prisma.....	9
o vidro.....	9		